جمهوری اسلامی ایران

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

راهنمای انباشت مواد باطله در واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری

نشریه شماره ۵۵۹

معاونت نظارت راهبردی
امور نظام فنی
nezamfanni.ir

وزارت صنعت، معدن و تجارت
معاونت امور معادن و صنایع معدنی
دفتر نظارت و بهره‌برداری معادن
http://www.mim.gov.ir

۱۳۹۱

بسمه‌تعالی

ریاست جمهوری
معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور

بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران	شماره: ۱۰۰/۹۸۲۸۳
	تاریخ: ۱۳۹۱/۱۱/۲۳

موضوع : راهنمای انباشت مواد باطله در واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری

به استناد ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و ماده (٦) آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی- مصوب سال ۱۳۵۲ و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (موضوع تصویبنامه شماره ٤۲۳۳۹/ت۳۳٤۹۷هـ مورخ ۱۳۸۵/٤/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۵۵۹ امور نظام فنی، با عنوان «**راهنمای انباشت مواد باطله در واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری**» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.

رعایت مفاد این ضابطه برای دستگاه‌های اجرایی، مشاوران، پیمانکاران و سایر عوامل ذی‌نفع نظام فنی و اجرایی، در صورت نداشتن ضوابط معتبر بهتر، از تاریخ ۱۳۹۱/۱۲/۱ اجباری است.

بهروز مرادی

۸۷۰٦٤۱

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه نموده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای مفهومی، فنی، ابهام، ایهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این‌رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

٤- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این امور نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت.

پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه : تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی علیشاه، معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، امور نظام فنی ، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱

Email:info@nezamfanni.ir **web: http://nezamfanni.ir**

بسمه تعالی

پیشگفتار

نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره۴۲۳۳۹/ ت ۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات وزیران) به کارگیری معیارها، استانداردها و ضوابط فنی در مراحل تهیه و اجرای طرح و نیز توجه لازم به هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری در قیمت تمام شده طرح‌ها را مورد تاکید جدی قرار داده است و این امور به استناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و نظام فنی اجرایی کشور وظیفه تهیه و تدوین ضوابط و معیارهای فنی طرحهای توسعه‌ای کشور را به عهده دارد. صنعت معدنکاری با نگاه توسعه پایدار، همواره در تلاش برای ایجاد موازنه بین عوامل فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی بوده است. دفع باطله‌های حاصل از کانه‌آرایی و فرآوری مواد معدنی به لحاظ طبیعت عملیات معدنکاری، نوع مواد معدنی، روش فرآوری و حجم پسماندهای معدنی از مسایل مهم عملیات معدنی به حساب می‌آید.

باطله‌های فرآوری موادی هستند که پس از بازیابی کانی‌های دارای ارزش اقتصادی از کانسنگ‌های معدنی باقی می‌مانند. این مواد بر حسب فرآیند دانه ریز یا دانه درشت هستند و با توجه به نوع مواد معدنی و روش فرآوری ترکیب شیمیایی و فیزیکی آن‌ها متفاوت است.

نشریه حاضر با عنوان "**راهنمای انباشت باطله و مواد زاید در واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری**" در راستای اهداف وزارت صنایع و معادن و در چارچوب برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن تهیه شده است. مجموعه حاضر اطلاعات جامع و مناسبی در مورد دسته‌بندی انواع باطله‌های معدنی، معیارهای لازم در مکان‌یابی محل سدهای باطله و انباشت مواد زاید و نحوه انتقال آن‌ها به محل‌های انباشت را ارایه می‌دهد.

با همه‌ی تلاش انجام شده قطعا هنوز کاستی‌هایی در متن موجود است که إن‌شاءا... کاربرد عملی و در سطح وسیع این نشریه توسط مهندسان موجبات شناسایی و برطرف نمودن آن‌ها را فراهم خواهد نمود.

در پایان، از تلاش و جدیت جناب آقای مهندس غلامحسین حمزه مصطفوی و کارشناسان امور نظام فنی همچنین جناب آقای مهندس وجیها... جعفری مجری محترم طرح تهیه ضوابط و معیارهای فنی بخش معدن کشور در وزارت صنایع و معادن، کارشناسان دفتر نظارت و بهره‌برداری معادن و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید. امید است شاهد توفیق روزافزون همه‌ی این بزرگواران در خدمت به مردم شریف ایران اسلامی باشیم.

معاون نظارت راهبردی

دی ۱۳۹۱

مجری طرح

آقای وجیه‌ا... جعفری	معاون امور معادن و صنایع معدنی – وزارت صنایع و معادن

اعضای شورای عالی

خانم فرزانه آقارمضانعلی	معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری	کارشناس ارشد مهندسی صنایع
آقای بهروز برنا	سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور	کارشناس مهندسی معدن
آقای وجیه ا... جعفری	وزارت صنایع و معادن	کارشناس مهندسی معدن
آقای عبدالعلی حقیقی	معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
آقای عبدالرسول زارعی	وزارت صنایع و معادن	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
آقای ناصر عابدیان	سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور	کارشناس ارشد مهندسی معدن
آقای حسن مدنی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	کارشناس ارشد مهندسی معدن
آقای هرمز ناصرنیا	سازمان نظام مهندسی معدن	کارشناس ارشد مهندسی معدن

اعضای کارگروه فرآوری

آقای احمد امینی	سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور	کارشناس ارشد مهندسی فرآوری مواد معدنی
آقای عبدالعلی حقیقی	معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
آقای علیرضا ذاکری	دانشگاه علم و صنعت	دکترای مهندسی متالورژی
آقای بهرام رضایی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی
خانم فرشته رشچی	دانشگاه تهران	دکترای مهندسی متالورژی

اعضای کارگروه تنظیم و تدوین

آقای مهدی ایران‌نژاد	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی
آقای عبدالرسول زارعی	وزارت صنایع و معادن	کارشناس ارشد زمین‌شناسی
آقای مصطفی شریف‌زاده	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دکترای مهندسی مکانیک سنگ
آقای حسن مدنی	دانشگاه صنعتی امیرکبیر	کارشناس ارشد مهندسی معدن
آقای بهزاد مهرابی	دانشگاه تربیت معلم	دکترای زمین‌شناسی اقتصادی

اعضای گروه هدایت و راهبری پروژه

خانم فرزانه آقارمضانعلی	رئیس گروه امور نظام فنی
آقای علیرضا فلسفی	کارشناس عمران امور نظام فنی
آقای علیرضا غیاثوند	رئیس گروه ضوابط و معیارهای معاونت امور معادن و صنایع معدنی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- دسته‌بندی باطله‌ها در واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری

۱-۱- آشنایی ۳

۱-۲- انواع باطله در واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری ۳

۱-۲-۱- انواع باطله‌های معدنی ۳

۱-۲-۲- گروه‌بندی بر اساس فرآیندهای مختلف فرآوری ۴

۱-۲-۳- گروه‌بندی بر اساس نوع آلایندگی و اثرات زیست‌محیطی ۵

۱-۳- روش‌های تصفیه با استفاده مجدد از باطله و پساب‌های معادن و کارخانه‌های فرآوری ۶

۱-۳-۱- روش‌های حذف سیانور حاصل از عملیات فروشویی ۶

۱-۳-۲- روش‌های تصفیه پساب‌های اسیدی در معادن ۷

۱-۳-۳- روش‌های حذف فلزات سنگین ۷

۱-۴- روش‌های انباشت باطله و مواد زاید ۷

۱-۴-۱- طبقه‌بندی محل‌های انباشت باطله ۸

فصل دوم- ضوابط انتقال مواد باطله به محل‌های انباشت

۲-۱- آشنایی ۱۳

۲-۲- عوامل موثر در انتخاب روش‌های انباشت باطله و مواد زاید ۱۳

۲-۳- روش‌های ارزیابی اثرات زیست‌محیطی ۱۴

فصل سوم- تعیین محل سدهای باطله و محل‌های انباشت مواد زاید

۳-۱- آشنایی ۲۱

۳-۲- استانداردهای جهانی سدهای باطله ۲۱

۳-۲-۱- طراحی ۲۱

۳-۲-۲- ساخت ۲۱

۳-۲-۳- نظارت ۲۱

۳-۳- انتخاب محل و طراحی ۲۱

۳-۳-۱- ارزیابی اولیه ۲۲

۳-۳-۲- تحقیقات و ارزیابی دقیق ۲۲

۳-۴- عوامل موثر در تعیین مشخصات محل انباشت باطله‌های فرآوری ۲۲

۳-۴-۱- ملاحظات فیزیکی نظیر حجم و سطح مورد نیاز برای احداث تجهیزات ۲۲

۳-۴-۲- ملاحظات اقتصادی نظیر هزینه تهیه مواد ساختمانی، کنترل کننده‌های جریان آب و روش‌های دفع مواد باطله ۲۲

۳-۴-۳- ملاحظات زیست‌محیطی نظیر سیل و آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی ۲۲
۳-۵- طراحی و احداث سدهای باطله و محل‌های انباشت مواد زاید ۲۴
۳-۵-۱- طراحی سدها و مکان‌های انباشت باطله ۲۴
۳-۵-۲- ضوابط طراحی سدها و مکان‌های انباشت باطله ۲۴
۳-۵-۳- ساخت و احداث سدهای باطله ۲۷
۳-۶- ملاحظات فنی پیرامون انتخاب محل و طراحی مکان‌های ذخیره و انباشت باطله ۲۷

فصل ۱

دسته‌بندی باطله‌ها در واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری

۱-۱- آشنایی

باطله‌های فرآوری، موادی هستند که پس از بازیابی فلزات و یا کانی‌های غیرفلزی از کانسنگ‌های معدنی باقی می‌مانند. این مواد می‌توانند بر حسب فرآیند، دانه ریز یا دانه درشت باشند و با توجه به نوع مواد معدنی و روش فرآوری، ترکیب شیمیایی و فیزیکی آنها متفاوت است. بر این اساس، نحوه مدیریت باطله‌های فرآوری به ترکیب شیمیایی و فیزیکی باطله‌ها، محل کارخانه فرآوری و عوامل دیگر بستگی دارد.

رایج‌ترین و پرهزینه‌ترین روش دفع باطله‌ها، استفاده از سدهای باطله است. سدهای باطله با هدف نگهداری و کنترل انباشت مواد باطله و در صورت امکان از خود باطله‌ها ساخته می‌شوند. این سدها ویژگی‌های مشترکی با سدهای ذخیره آب دارند و در بسیاری از موارد با هدف نگهداری آب (آب حاصل از باطله و یا آب محافظ و پوشش باطله‌ها در برابر فرسایش) طراحی و احداث می‌شوند. در هر حال تفاوت‌هایی نیز بین این دو نوع سد (باطله و ذخیره آب) وجود دارد، که از آن جمله می‌توان طراحی و ساخت یکباره سدهای ذخیره آب و در مقابل ساخت مرحله‌ای سدهای باطله در سال‌های متوالی را ذکر نمود.

۱-۲- انواع باطله در واحدهای کانه‌آرایی و فرآوری

۱-۲-۱- انواع باطله‌های معدنی

اصطلاح باطله‌های معدنی[1] شامل آن دسته از مواد زمینی، خاکی و بقایای مرتبط با فرآیند فرآوری است که از مراحل مختلف معدنکاری اعم از استخراج، فرآوری و ذوب حاصل می‌شوند. اگرچه این باطله‌ها اساسا از تجمعات کانه‌هایی هستند که به طور طبیعی تشکیل می‌شوند ولی در رده مواد با درجه هتروژن بالا طبقه‌بندی می‌شوند.

مواد تشکیل دهنده باطله در طی عملیات معدنی به شرح زیر هستند:

الف- روباره معدنی: روباره معدنی[2] آن بخـش از مواد است که به منظور دسترسی به ماده معدنی و باز کردن معدن برداشت می شود. از جمله نکات مرتبط بـا نگهداری بخشی از این باطلـه‌ها ملاحظاتی است کـه در رابطه با طراحی شیب، پایداری مناسب ساختار دپوی آن‌ها و کنترل جریان آب بـه منظور جلوگیری از فرسایش ساختار باطلـه‌ها و نفوذ ترکیب‌های مضر تولید شده به درون زمین، در نظر گرفته می‌شود؛

ب- کانسنگ کم ارزش: کانسنگ کم ارزش[3] به موادی گفته می‌شود که عیار کانی با ارزش در آن‌ها پایین بوده و به عنوان سنگ باطله در محل خاصی انباشت می‌شود. این امر تا زمانی که استفاده از این مواد اقتصادی محسوب شود، ادامه می‌یابد و پس از آن با انجام عملیات فرآوری مورد بهره‌برداری مجدد قرار می‌گیرد؛

1 .Mine wastes
2 .Overburden
3 .Gangue

پ- باطله حاصل از کارخانه فرآوری: این باطله‌ها[4] شامل موادی است که پس از جداسازی کانی با ارزش در کارخانه کانه‌آرایی به عنوان مواد فاقد ارزش اقتصادی تلمبار می‌شوند. این مواد در اغلب موارد به صورت دوغاب و همراه با آب هستند، به طوری که می توان آن‌ها را توسط پمپ منتقل کرد. البته به دلیل اهمیت آب در فرآیندهای کانه‌آرایی و کمبود آب در بیشتر مناطق معدنی سعی می شود تا حد امکان، آب همراه مواد باطله، جداسازی شده و به مدار فرآوری بازگردانده شود. معمولا باطله‌های کارخانه‌های فرآوری دارای ۳۰ تا ۵۰ درصد مواد جامد هستند که بعد از عبور از تیکنرها این نسبت به ۵۵ تا ۷۵ درصد می‌رسد و باطله دورریز، دارای بیش از ۷۵ درصد جامد است. باطله‌های به دست آمده با کمترین مقدار رطوبت را می‌توان دپو و یا به عنوان پرکننده فضاهای خالی در معدنکاری زیرزمینی استفاده کرد. توزیع دانه‌بندی باطله‌ها به خصوصیات کانسنگ و نوع فرآیندهای پرعیارسازی مورد استفاده در فرآوری کانی بستگی دارد؛

ت- کانسنگ به جا مانده از فروشویی توده‌ای: نوع دیگر باطله‌های معدنی، کانسنگ‌های به جا مانده از فروشویی توده‌ای است کـه از لایه‌هـای روی هم قرار گرفته کانسنگ خرد شده تشکیل شده است. در زیر این لایه‌ها، فونداسیونی چند لایه قرار دارد که از گراول، ماسه و یک لایه پلاستیکی (به منظور جلوگیری از نشت و هدر رفتن محلول فروشویی و همچنین زهکشی محلول غنی شده استفاده می‌شود) تشکیل شده است. هدف از زیرسازی (پی) این است که از ورود محلول‌های حاصل از فروشویی به آب‌های سطحی و زیرزمینی جلوگیری شود؛

ث- سرباره: به باطله‌ها و گرد و غبارهای[5] حاصل از ذوب مواد که به منظور ایجاد محصولی خالص و حذف ناخالصی‌ها صورت می‌گیرد، سرباره گفته می‌شود.

۱-۲-۲- گروه‌بندی بر اساس فرآیندهای مختلف فرآوری

متناسب با نوع فرآیند کانه‌آرایی، روش‌های مختلفی برای انباشت مواد باطله به‌کار می‌رود. هر چند در همه روش‌ها مساله انباشت مواد زاید حایز اهمیت است، ولی با توجه به مسایل زیست‌محیطی، روش‌های شیمیایی توجه بیشتری را نسبت به روش‌های فیزیکی به خود معطوف می‌کنند. در جدول (۱-۱) انواع فرآیندهای فرآوری و باطله‌های حاصل از آن ارایه شده است.

4 .Tailing
5 .Dusts

جدول ۱-۱- انواع باطله‌های کانه‌آرایی بر اساس فرآیندهای مختلف

نوع فرآیند	ماهیت و شکل ذرات باطله	دانه‌بندی باطله
روباره و مواد انباشتی برای فرآوری مستقیم (مانند روش فروشویی توده‌ای)	تنوع شکل ذرات و قطعات جامد	مواد دانه درشت در ابعاد سانتی‌متر و کلوخه‌هایی تا ابعاد یک متر
خردایش	ذرات جامد با تنوع شکل و مرطوب یا فاقد رطوبت	ذرات جامد با دامنه ابعادی مختلف از چند میلی‌متر تا چند صد میکرون
جدایش ثقلی	مواد معدنی با شکل و محدوده دانه‌بندی نسبتا مشخص	ذرات جامد، بیشتر ذرات دانه درشت در محدوده‌های چند صد میکرون
سنگ‌جوری	ذرات جامد با تنوع شکل مرطوب یا خشک	ذرات جامد، بیشتر ذرات دانه درشت (در حد سانتی‌متر و میلی‌متر)
جدایش مغناطیسی و الکتروستاتیکی	مواد معدنی با شکل و محدوده دانه‌بندی نسبتا مشخص	ذرات با دامنه ابعادی مختلف (معمولا چند صد تا چند میکرون)
فلوتاسیون	باطله‌های مرطوب و معمولا کم عیار همراه مواد شیمیایی مصرفی در فرآیند فلوتاسیون	ذرات ریز دانه (غالبا کوچک‌تر از ۷۵ میکرون)
فروشویی	باطله‌های مرطوب کم عیار به همراه مایعات و مواد شیمیایی	باطله‌های جامد با دانه‌بندی مختلف بسته به روش فروشویی (محدوده ابعادی چند صد میکرون گاهی تا کوچک‌تر از میکرون)
جداسازی جامد- مایع	باطله‌های جامد مرطوب یا خشک و پساب‌های آلوده	بسته به نوع فرآیند بالادست با دانه‌بندی متنوع

۱-۲-۳- گروه‌بندی بر اساس نوع آلایندگی و اثرات زیست‌محیطی

آلودگی زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های معدنی معمولا به دو زیر گروه تقسیم می‌شوند:

- آلودگی شیمیایی؛
- آلودگی فیزیکی.

آلودگی شیمیایی مهم‌ترین، نوع آلودگی زیست‌محیطی می‌باشد. چنین آلودگی ممکن است در آب‌های سطحی توسط آب‌های زهکش شده از معدن، در آب‌های زیرزمینی از طریق آب‌های نفوذی و سایر مواد شیمیایی و یا به صورت خاک آلوده شده صورت گیرد.

آلودگی‌های فیزیکی از فرآیندهای فیزیکی مانند تولید گرد و غبار، جامدات معلق در آب و تخریب و فرسایش زمین ناشی می‌شوند. جدول (۱-۲)، طبقه‌بندی انواع باطله‌های کانه‌آرایی بر اساس نوع آلایندگی را نشان می‌دهد.

جدول ۱-۲- انواع باطله‌های کانه‌آرایی بر اساس نوع آلایندگی

آلودگی	آلاینده	مهم‌ترین منابع	سمیت (بازیابی/خنثی‌سازی)
شیمیایی	سیانور	باطله فرآوری کانسنگ طلا- نقره	سمی است و باید خنثی شود.
	فلزات سنگین	باطله فرآوری کانسنگ طلا و فلزات پایه	سمی است و باید خنثی شود.
	زهاب‌های اسیدی (AMD)	باطله فرآوری مواد معدنی سولفیدی	آسیب‌رسان است و باید خنثی شود.
	پساب‌های حاوی مواد شیمیایی خطرناک	پساب‌های واحد آب‌گیری یا فلوتاسیون و فروشویی	بسته به نوع ماده آلاینده سمی یا غیر سمی باید تصفیه و خنثی شود.
	مواد فرار و گازهای سمی	خردایش، فروشویی و فلوتاسیون	آسیب‌رسان و مخرب باید ترقیق، خنثی یا جمع‌آوری شود.
	مواد رادیواکتیو	باطله فرآوری کانسنگ اورانیوم و فسفات	بسیار سمی و مخرب باید از انتشار آن جلوگیری شود.
فیزیکی	تلمبار سنگ‌های باطله	فرآیندهای خردایش و فروشویی درجا	می‌تواند هریک از آلودگی‌های فوق را دارا باشد و در صورت بی‌ضرر بودن تا حد امکان نباید در معرض دید باشد.
	گرد و غبار مواد معدنی	مکان‌های انباشت باطله	گاهی سمی
	سر و صدا	تقریبا تمام واحدهای کانه‌آرایی به ویژه واحدهای خردایش و طبقه‌بندی	-

۱-۳- روش‌های تصفیه با استفاده مجدد از باطله و پساب‌های معادن و کارخانه‌های فرآوری

نظر به اهمیت آلاینده‌های شیمیایی در باطله‌های فرآوری نظیر سیانور، پساب‌های اسیدی معادن و فلزات سنگین، روش‌های حذف و یا کنترل این سه گروه باطله به شرح زیر ارایه می‌شوند.

۱-۳-۱- روش‌های حذف سیانور حاصل از عملیات فروشویی

روش‌های حذف سیانور عبارتند از:

- تجزیه طبیعی (خودبه‌خود)؛
- روش‌های فیزیکی حذف سیانور نظیر روش‌های جذب، شستشوی با آب، رقیق‌سازی، روش غشایی و روش استخراج با حلال؛
- روش‌های شیمیایی حذف سیانور شامل فرآیندهای سولفوری، کلریناسیون قلیایی، اکسیداسیون با پراکسیدهیدروژن، اکسیداسیون با پرمنگنات‌پتاسیم، ازناسیون، ساختارشکنی سیانور با دی‌اکسیدکلر، تخریب الکترولیتی، استفاده از پلی‌سولفور برای تصفیه پساب‌های سیانیدی غلیظ، بازیابی سیانور و خنثی‌سازی میکروبی.

۱-۳-۲- روش‌های تصفیه پساب‌های اسیدی در معادن

هدف اصلی از روش‌های خنثی‌سازی و کنترل آن است که لایه‌های اسیدی یا قلیایی به گونه‌ای هدایت شوند که در نتیجه آن تولید اسید و انتقال آن کمتر و تولید مواد قلیایی به بیشترین مقدار خود برسد. روش‌های یاد شده در سیستم‌های مختلف انجام می‌شوند، که در زیر به آن‌ها اشاره می‌شود.

- سیستم‌های تصفیه فعال؛
- کانال‌های آهکی باز؛
- میکروارگانیزم‌ها؛
- روش‌های تصفیه غیر فعال؛
- تصفیه بیولوژیکی بر پایه باکتری‌های احیاکننده سولفات‌ها؛
- سیستم‌های تالاب؛
- دیوارهای بیوراکتیو (واکنشی).

۱-۳-۳- روش‌های حذف فلزات سنگین

روش‌های حذف فلزات سنگین به دو دسته کلی روش‌های شیمیایی و فیزیکی تقسیم می‌شوند:

الف- روش‌های شیمیایی عبارتند از:

- رسوب‌دهی شیمیایی شامل رسوب‌دهی هیدروکسیدی و سولفیدی؛
- روش الکتروشیمی و رسوب‌دهی الکتروشیمیایی.

ب- روش‌های فیزیکی مورد استفاده برای حذف فلزات سنگین عبارتند از:

- تبخیر (در مقیاس آزمایشگاهی)؛
- فیلتراسیون؛
- جذب توسط رزین‌های تعویض یونی؛
- حذف به وسیله فری هیدریت‌های اصلاح شده؛
- استفاده از جاذب‌های طبیعی، نظیر زغال‌سنگ فعال‌شده، پوست کاج، ذرات شن با پوشش اکسید آهن، ساقه گندم (کاه) و ضایعات سیب؛
- روش‌های بیولوژیکی شامل استفاده از باکتری احیاکننده سولفات، جداسازی بیومغناطیسی و غیره؛

۱-٤- روش‌های انباشت باطله و مواد زاید

در جدول (۱-۳) انواع روش‌های معمول انباشت باطله آورده شده است.

جدول ۱-۳- انواع روش‌های انباشت باطله

عنوان روش	توضیحات
خشک‌کردن دوره‌ای (Cyclic Drying)	شامل سیستمی متشکل از انبارها یا سلول‌های ذخیره است که در آن یک لایه نازک از باطله مرطوب بر روی باطله‌هایی که قبلا در اثر گرما و با گذشت زمان سطوح مناسب آب‌گیری شده‌اند، قرار می‌گیرند. این روش تنها برای مناطق گرم و خشک با میزان تبخیر زیاد مناسب است. باطله خشک شده ممکن است برای ساخت دیواره‌ها مورد استفاده قرار گیرد.
انباشت مواد ته‌نشین شده مرکزی Central Thickened Discharge (CTD)	مواد ته‌نشین شده در پالپ خروجی کارخانه فرآوری تیکنر شده و آب موجود در آن تا حد امکان بازیافت می‌شود. این روش دارای مزایایی است از جمله اینکه هنگام تخلیه مواد به صورت مخروطی انباشت می‌شوند و محل کمتری را نسبت به باطله‌های دیگر اشغال می‌کنند. همچنین این روش میزان سطح آب‌گیری را کاهش داده و بنابراین هزینه ساخت و نگهداری سد کاهش می‌یابد. ضمن اینکه به علت عدم نیاز به افزایش دیواره در زمان‌های متوالی هزینه‌های عملیاتی نیز کاهش می‌یابد.
انباشت باطله‌های خشک (Dry Stacking)	میزان آب موجود در مواد باطله بسیار کم و ناچیز است. برای دستیابی به چنین باطله‌ای، پالپ حاصل شده از مرحله تیکنر توسط فیلترهای فشاری یا مشابه آن نیز آب‌گیری می‌شود تا میزان آب موجود در باطله به حداقل ممکن برسد. از مزایای این روش جابه-جایی سریع مواد باطله برای احیا و بازسازی محل انباشت است.
انباشت زیر سطح آب (Subaqueous Deposition)	در این روش پالپ خروجی از کارخانه به داخل آب حمل و تخلیه می‌شود. ته‌نشینی مواد حین حمل درون آب باعث تشکیل لایه‌هایی با تراکم کم زیر سطح آب می‌شود. از مزایای این روش محافظت از تاثیرات منفی زیست‌محیطی باطله‌های سولفیدی است. همچنین از مزایای دیگر این روش جلوگیری از تولید گرد و غبار در محیط است.
انباشت توام (Co- Disposal Deposition)	در این روش ترکیبی از باطله‌های ریز و درشت با یکدیگر مخلوط شده تا مخلوطی با قابلیت جابه‌جایی مناسب حاصل شود. این روش دارای کاربردهای مناسب است، از جمله این موارد پرکردن حفره‌های معدنی، پرکردن یا پوشش محل‌های انباشت و ساخت دیواره‌های سدها است.
پر کردن خمیره‌ای	در این روش مواد تا بیش از ۷۵ درصد آب‌گیری شده (با روش‌های وزنی) و سپس عمدتا توسط پمپ‌های پیستونی به زیر زمین منتقل می‌شوند.
پر کردن ماسه‌های هیدرولیکی	این روش زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد که باطله وارد سیکلون شده و تحت عملیات سیکلون، ذرات ماسه و نرمه از یکدیگر جدا شوند، به علت تمایل ذرات نرمه به افزایش حجم، این مواد به صورت سطحی انباشت می‌شوند. ذرات ماسه‌ای به صورت هیدرولیکی به حفرات زیرزمینی منتقل می‌شوند.
پرکردن توسط سنگ‌های خشک	سنگ‌های خشک شامل سنگ‌های زاید، ماسه‌های سطحی، قلوه‌سنگ‌ها یا باطله‌های خشک شده است.

۱-٤-۱- طبقه‌بندی محل‌های انباشت باطله

محل‌های انباشت باطله از دو جنبه محیط دفع مواد و میزان خطرپذیری این مناطق قابل بررسی‌اند. در یک طبقه‌بندی کلی مکان‌های انباشت مواد باطله معدنی و فرآوری به سه دسته مکان‌های روی زمین، زیر زمین و زیر آب (مطابق جدول ۱-۴) تقسیم می‌شوند.

بر اساس طبقه‌بندی مکان‌های انباشت باطله با توجه به خطرات یا آسیب‌های مرتبط با تخریب آن و بر اساس استانداردهای بین المللی هر محل ذخیره یا انباشت باطله در گروه خاص خود قرار می‌گیرد. برای هر گروه، مطالعات تفصیلی و توجیه‌پذیری طراحی، فرآیندهای عملیاتی و معیارهای بازسازی ویژه و متغیری وجود دارد.

جدول ۱-٤- طبقه‌بندی مکان‌های انباشت باطله بر حسب موقعیت قرارگیری مواد

مکان دفع باطله	انواع مکان‌های انباشت و ذخیره	ملاحظات (شامل مزایا و معایب)
روی سطح زمین	سد باطله	متداول‌ترین روش دفع مواد زاید در فعالیت‌های معدنی است در صورت اجرای موفق طراحی، ساخت و عملیات دفع باطله، سطح اشباع آب زیرزمینی تا حد زیادی پایین می‌رود و ضمن افزایش ارتفاع سد، محافظت ساختاری قابل توجهی از سوی مواد باطله تامین می‌شود.
	حفرات معادن روباز	عموما بدون هیچ گونه آسترگذاری، باطله‌ها در بالای سطح ایستابی آب زیرزمینی درون حفره معدن انباشته می‌شوند. هزینه طراحی، احداث و روش‌های دفع باطله و خطرات ناشی از ناپایداری محل ذخیره بسیار کاهش می‌یابد.
درون زمین	حفرات معادن زیرزمینی	نیاز به مطالعات گسترده ژئوتکنیکی، هیدروژئولوژیکی و زیست‌محیطی برای تایید امکان نگهداری مواد باطله در دراز مدت در زیر زمین دارد. استفاده از سیمان برای اتصال مواد باطله متداول است. این روش می‌تواند در تحکیم حفریات زیرزمینی به کار رود. هزینه بالای تجهیزات و نیروی انسانی، خطر نشت و حرکت سیال‌وار مواد باطله و نیاز به آب‌گیری از محدودیت‌های کاربرد این روش است.
زیر آب	دریا (اقیانوس)	متداول‌ترین روش در این گروه، دفع مواد در عمق دریا است (روش STD) و در شرایطی به کار می‌رود که امکان دفع و انباشت مواد باطله در سطح یا درون زمین به دلایل مختلف (از جمله توپوگرافی، بارندگی، زلزله‌خیزی، کمبود سطح کافی) وجود ندارد. از مزایای این روش کاهش اکسیداسیون باطله، عدم نیاز به نگهداری مهندسی و فقدان اثرات تخریبی بر مناظر طبیعی در سطح زمین است مهم‌ترین مشکل نیز عدم امکان کنترل مسیر جریان مواد باطله در زیر دریا و آلودگی محیط زیست آبی است.

فصل ۲

ضوابط انتقال مواد باطله به محل‌های انباشت

۲-۱- آشنایی

در انتخاب سیستم‌های دفع باطله فاکتورهای مختلف نظیر توپوگرافی، آب و هوا، خطرات زیست‌محیطی، خصوصیات باطله، حجم‌های انباشت، فرآیندهای تغلیظ و هزینه تاثیر دارند. مواد باطله به دو طریق پمپ شدن و بر اساس نیروی گرانش زمین به وسیله لوله‌های انتقال یا کانال‌های روباز از کارخانه فرآوری به محل سد باطله نهایی انتقال می‌یابند. معمولا مواد باطله در کارخانه آب‌گیری می‌شوند تا آب بازیافتی برای استفاده مجدد به مدار کارخانه ارسال شود. در باطله‌های خشک به علت نبود آب کافی جهت پمپ کردن مواد، برای حمل و جابه‌جایی مواد از کامیون یا نوار نقاله استفاده می‌شود. مواردی که در انتخاب محل مناسب انباشت باطله باید در نظر گرفته شوند به شرح زیراند:

الف- فاصله سد باطله تا محل کارخانه و همچنین اختلاف ارتفاع بین این دو محل، از عوامل بسیار مهم در میزان هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی دفع باطله هستند. در حالت ایده‌آل فاصله سدهای باطله از محل کارخانه باید بین ۴ تا ۵ کیلومتر باشد. البته این فاصله با توجه به شرایط محل و حجم مواد باطله می‌تواند تغییر کند؛

ب- در صورت امکان ارتفاع محل سد باطله باید پایین‌تر از محل کارخانه در نظر گرفته شود تا انتقال مواد بر اساس نیروی وزن، انجام شود و هزینه پمپ کردن مواد کاسته شود؛

پ- در صورتی که شیب و فاصله سد باطله تا محل کارخانه زیاد باشد، هزینه پمپ‌کردن آب بازگشتی به کارخانه افزایش می‌یابد، بنابراین مخازن افت فشار در مسیر انتقال باطله تعبیه می‌شوند تا از افزایش انرژی درون لوله‌های انتقال، جلوگیری کنند؛

ت- جنس لوله‌ها و اتصالات انتقال مواد باید دارای استحکام فیزیکی و شیمیایی لازم باشد تا در اثر عبور پالپ و مواد شیمیایی قابلیت خود را از دست ندهند. بر این اساس باید برنامه دوره‌ای تعمیر و نگهداری تنظیم و اجرا شود؛

ث- مسیر عبور لوله‌های انتقال مواد باطله باید کنترل شود تا از محل‌هایی انتقال یابند که خطر تخریب مسیر یا ریزش سنگ به حداقل ممکن برسد. همچنین در صورت عبور لوله‌ها از جاده‌های دسترسی باید تمهیدات مراقبتی لازم برای عدم آسیب‌رسانی توسط وسایل نقلیه، فراهم شود.

۲-۲- عوامل موثر در انتخاب روش‌های انباشت باطله و مواد زاید

عوامل موثر در انتخاب روش‌های انباشت باطله شامل موارد ذیل است:

الف- شرایط و ویژگی‌های محل؛

ب- خصوصیات ترکیب باطله؛

پ- مسایل زیست‌محیطی.

با توجه به تعدد و تنوع عوامل و پارامترهای موثر بر روش‌های دفع مواد زاید و باطله‌های فرآوری، مهم‌ترین این عوامل را می‌توان در سه دسته مطابق جدول (۲-۱) طبقه‌بندی نمود.

جدول ۲-۱- عوامل موثر در انتخاب روش‌های انباشت باطله و مواد زاید

عوامل موثر	شامل	اهمیت	ملاحظات
خواص فیزیکی و شیمیایی مواد باطله	محدوده ابعادی (دانه‌بندی) و وزن مخصوص ذرات مواد باطله، چگالی پالپ یا دوغاب، رفتار ته‌نشینی، نفوذپذیری در مقابل نسبت‌های چگالی، پلاستیسیته خاک، خواص مقاومتی	بر رفتار مواد پس از تخلیه آن در محل انباشت تاثیر می‌گذارد.	تعیین میزان آب‌گیری باطله و تخلخل نسبی آن پس از دفع و میزان شیب بستر مواد در محل انباشت، تاثیر اندازه دانه‌ها بر مقاومت مواد جامد باطله در برابر فرسایش آبی و بادی و رفتار و خواص ته‌نشینی ذرات در مکان‌های انباشت باطله و لذا تاثیر بر روش دفع این مواد
	ترکیب شیمیایی مواد باطله، ترکیب کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی، ترکیب شیمیایی آب‌های تخلخلی و خواص مربوط به فروشویی	در انتخاب مکان مناسب برای انباشت و روش دفع مواد نقش دارد.	دفن باطله‌های سولفیددار در مکان‌های زیر سطحی و پوشش‌دار و دفن باطله‌های رادیواکتیو در سدهای باطله عایق‌بندی شده در تمام جهات
محیط زیست منطقه	خاک‌ها، آب‌های سطحی و زیرزمینی، پوشش گیاهی، محیط زیست جانوری و انسانی	آلودگی منطقه اطراف محل انباشت باطله به مواد سمی و آلاینده نظیر آرسنیک، فلزات سنگین	انتخاب نوع سنگ‌های در برگیرنده باطله‌های سولفیدی در محل انباشت با توجه به قابلیت خنثی‌سازی اسید، دفن باطله‌ها در زیر سطح ایستابی در معادن روباز، کنترل و تنظیم غلظت سیانور و pH باطله‌های سیانوری قبل از تخلیه آن‌ها به محیط
جغرافیا و اقلیم منطقه	موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی، زمین‌شناسی و زلزله‌خیزی، آب و هوا و میزان بارندگی	ایجاد محدودیت در روش دفع باطله‌ها به دلیل موقعیت زمین‌شناسی یا اقلیمی منطقه	بهره‌گیری از توپوگرافی منطقه در انتخاب الگوی احداث سدهای باطله و روش تخلیه مواد، کاربرد پوشش محافظ رسی در آب و هوای مرطوب در سطح مواد باطله، استفاده از روش آب‌گیری باطله و پوشش‌های خشک در مناطق با اقلیم خشک

۲-۳- روش‌های ارزیابی اثرات زیست‌محیطی

روش‌های متداول و متناسب ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در ایران، شامل موارد ذیل هستند:

- روش چک لیست[1]؛
- روش روی هم‌گذاری[2]؛
- روش تجزیه و تحلیل سیستمی[3]؛
- روش ماتریس[4]؛

یکی از پرکاربردترین روش‌های بازشده، روش ماتریس است که در زیر به آن اشاره می‌شود:

1 .Check list method
2 .Overlaying method
3 .System analysis method
4. Matrix method

روش ماتریس

روش ماتریس عبارت از یک روش کمی است که در جدولی میزان تاثیر فعالیت‌های یک پروژه با فاکتورهای زیست‌محیطی را نشان می‌دهد و با اعداد و ارقام میزان اثرگذاری فعالیت‌ها را بر فاکتورهای زیست‌محیطی بیان می‌کند و این ارتباط در پایان با عدد عنوان می‌گردد (شکل ۲-۱).

الف- روش ماتریس لئوپلد

لئوپلد در سال ۱۹۶۹ میلادی برای اولین بار ماتریس را برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی توسعه معرفی کرد. از این روش در ایران استفاده می‌شود. ماتریس لئوپلد با شرایط ایران انطباق کامل ندارد بنابراین پس از اصلاح توسط دکتر مجید مخدوم بر حسب شرایط ایران (به صورت ماتریس ایرانی)، برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی پروژه‌ها در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش، ابتدا با بیان هدف پروژه، تعریف جامعی از محیط زیست منطقه ارایه شده و پس از شناسایی پروژه و محیطزیست منطقه، ماتریس (فهرست ردیف‌ها و ستون‌ها) تشکیل می‌شود. بنابراین روش انجام کار به صورت خلاصه به شرح ذیل می‌باشد:

در گام نخست باید، هدف از اجرای پروژه و ریز فعالیت‌های آن مشخص و تعریف شود؛

گام دوم تعیین محدوده زیست‌محیطی و اکولوژیکی و اقتصادی و اجتماعی پروژه است، که محدوده اکولوژیکی همان محدوده خود پروژه است، ولی محدوده اقتصادی و اجتماعی بسیار گسترده‌تر است؛

گام سوم شناسایی اثرات است که در ابتدا برای این منظور جدولی تشکیل می‌شود که در ستون‌های آن فهرست فعالیت‌های مختص پروژه و در سطرهای آن فاکتورهای زیست‌محیطی منطقه آورده می‌شود. بسته به نوع پروژه (تعداد فعالیت‌ها) و منطقه مورد مطالعه (به لحاظ تنوع زیستی و فاکتورهای زیست‌محیطی موجود) اندازه ماتریس متفاوت است و این عمل تعدیل همان کاری است که در مورد تعدیل ماتریس لئوپلد از ۸۰×۸۰ به اندازه لازم انجام گرفته است. هر پروژه در هر مقطع پس از انجام ارزیابی، یکی از حالت‌های ۵ گانه زیر را دارد:

- پروژه مردود است؛
- پروژه تایید می‌شود؛
- پروژه با اصلاح برخی از فعالیت‌ها و برخی از روش‌های کار با گزینه‌های اصلاحی تایید می‌شود؛
- پروژه با اداره یک یا چند طرح بهسازی تایید می‌شود؛
- پروژه با ارایه گزینه‌های اصلاحی و طرح یا طرح‌های بهسازی تایید می‌شود.

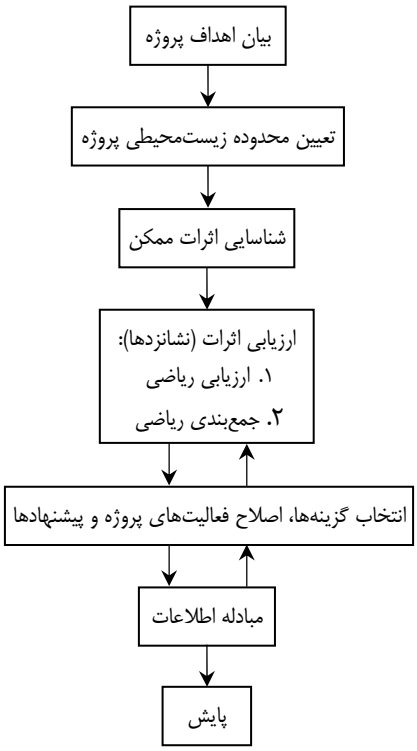
ب-روش ماتریس سریع

مفهوم این ماتریس در سال ۱۹۹۸ توسط پاستاکیا تدوین و پس از چند مورد آزمایش انتشار یافت. ماتریس سریع ابزاری برای سامان‌دهی، تجزیه و تحلیل و نشان دادن نتایج یک ارزیابی همه جانبه اثرات زیست‌محیطی است و به عنوان ابزاری جدید برای شناسایی اثرات زیست‌محیطی مطرح می‌باشد.

این ماتریس در مواقعی که اطلاعات کافی موجود نباشد و یا زمانی که اطلاعات کمی، آنقدر زیاد است که نمی‌توان به راحتی به بررسی نتایج داده‌ها پرداخت، کاربرد دارد. شکل ساختار یافته ماتریس سریع، این امکان را می‌دهد که زمان لازم برای ارزیابی را به طور قابل توجهی کاهش دهد، ضمن اینکه به لحاظ کاهش هزینه، روش مناسبی است. در این روش هر معیار و فاکتوری به وسیله عدد بیان می‌شود و در نتیجه خواننده به سرعت، نتایج واقعی بیان شده توسط ارزیاب را درک می‌کند.

این ماتریس نیازمند فاکتورهای خاص ارزیابی است که از طریق یک فرآیند پیمایشی به دست می‌آیند. هر کدام از این عناصر زیست‌محیطی در یکی از چهار دسته ذیل قرار می‌گیرند:

- فیزیکی- شیمیایی (PC)[5]: تمامی جنبه‌های فیزیکی و شیمیایی محیط را در بر می‌گیرد؛
- بیولوژیکی- اکولوژیکی (BE)[6]: جنبه‌های زیست‌شناختی محیط را شامل می‌شود؛
- اجتماعی- فرهنگی (SC)[7]: جنبه‌های محیط زیست انسانی همراه با سایر جنبه‌های فرهنگی در این گروه جای می‌گیرد؛
- اقتصادی- عملیاتی (EO)[8]: عواقب اقتصادی طرح اعم از دایمی و موقت در این دسته جای می‌گیرد.



شکل ۲-۱- فرآیند اجرای روش ماتریس

5.Physical- Chemical
6. Biological- Ecological
7. Social- Cultural
8. Economical- Operational

جدول (۲-۲) نمونه‌ای از ماتریس مورد استفاده در فرآیند ارزیابی زیست‌محیطی به روش ماتریسی را نشان می‌دهد، که برای پروژه‌های مختلف می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۲-۲- نمونه‌ای از ماتریس مورد استفاده در فرآیندهای ارزیابی زیست‌محیطی

		مرحله شناسایی				مرحله بهره‌برداری				مرحله پس از پایان کار								
		نام فاکتورهای تاثیرگذار در پروژه				نام فاکتورهای تاثیرگذار در پروژه				نام فاکتورهای تاثیرگذار در پروژه				تعداد ارزش‌ها	تعداد ارزش‌های مثبت	نسبت ارزش‌های مثبت	جمع جبری	میانگین رده‌بندی
محیط فیزیکی	نام فاکتورهای زیست‌محیطی متاثر از پروژه		...				...				...							
					...													
محیط بیولوژیکی	نام فاکتورهای زیست‌محیطی متاثر از پروژه																	
					...													
محیط اقتصادی- اجتماعی	نام فاکتورهای زیست‌محیطی متاثر از پروژه																	
					...													
	تعداد ارزش‌ها																	
	تعداد ارزش‌های مثبت																	
	نسبت ارزش‌های مثبت																	
	جمع جبری																	
	میانگین رده‌بندی																	

فصل ۳

تعیین محل سدهای باطله و محل‌های انباشت مواد زاید

۳-۱- آشنایی

انتخاب محل سد باطله باید با توجه به وضعیت و حجم باطله، فاصله و اختلاف ارتفاع نسبت به کارخانه، ویژگی‌ها و شرایط آبریزگاه‌ها، زمین‌شناسی منطقه، موارد استفاده فصلی، مسایل محیط زیستی (نظیر کیفیت آب، کنترل آلودگی‌ها، پوشش گیاهی و حیات وحش)، نوع مالکیت محل، نوع پیشنهادی بستن و احیا محل و هزینه‌های بالاسری پروژه، انجام گیرد.

۳-۲- استانداردهای جهانی سدهای باطله

استانداردهای جهانی برای سدهای باطله به شرح زیر طبقه‌بندی و تهیه می‌شوند.

۳-۲-۱- طراحی

الف- ارزیابی محل (زمین‌شناسی، لرزه‌نگاری، آب و هوا، منطقه آبگیر بالادست و نظایر آن‌ها)؛

ب- ارزیابی حوادث غیر مترقبه (باران‌های سنگین، طوفان، زمین لرزه و نظایر آن‌ها)؛

پ- بررسی تاثیر تخریب سد پیش‌بینی شده(مسیر حمل پالپ‌ها، استفاده زمین‌های پایین دست آب مورد استفاده و نظایر آن‌ها)؛

ت- انتخاب نوع محل ذخیره باطله؛

ث- سدهای نوع پایین‌رو و سدهای نگهداری آب، گزینه دیگری برای مدیریت مطمئن باطله‌ها، انباشت به صورت خمیره‌ای است؛

ج- سدهای باطله نوع بالارو فقط در شرایط ویژه و خاصی باید در نظر گرفته شوند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که این نوع سدها از ضریب اطمینان کمتری برخوردارند.

۳-۲-۲- ساخت

- کنترل کیفیت روش و مواد به کار رفته طی فرآیند ساخت سد باطله باید مدنظر قرار گیرد.

۳-۲-۳- نظارت

- کنترل و پایش منظم سطح آشفتگی سد، جابه‌جایی سد و نظایر آن

۳-۳- انتخاب محل و طراحی

در انتخاب محل انباشت باطله به طور کلی چهار مرحله باید مدنظر قرار گیرد:

- انتخاب مکان؛
- آماده‌سازی و طراحی محل؛
- آماده‌سازی فیزیکی باطله‌ها؛
- آماده‌سازی شیمیایی باطله‌ها.

فرآیند انتخاب محل انباشت باطله معمولا در دو مرحله به شرح زیر انجام می‌گیرد.

۳-۳-۱- ارزیابی اولیه

الف- طبقه‌بندی محل‌ها؛

ب- شناسایی محل‌ها؛

پ- آنالیز درزه‌های مخرب؛

ت- تحقیقات در مورد محل‌های باقیمانده؛

ث- ارزیابی کیفی و طبقه‌بندی محل‌ها؛

ج- آنالیز هزینه؛

چ- انتخاب و اولویت‌بندی گزینه‌های موجود برای انجام بررسی‌های دقیق.

۳-۳-۲- تحقیقات و ارزیابی دقیق

الف- بررسی‌های جزیی و دقیق از محل‌های انتخاب شده؛

ب- طراحی‌های مفهومی برای محل‌ها؛

پ- ارزیابی هزینه‌ها و کنترل آلودگی‌ها برای هر محل؛

ت- طبقه‌بندی محل‌ها و انتخاب محل‌های اولیه؛

ث- تهیه گزارش‌ها و اسناد مناسب برای هر محل.

۳-٤- عوامل موثر در تعیین مشخصات محل انباشت باطله‌های فرآوری

پارامترهای مربوط به محل انباشت مواد باطله، نقش مهمی در طراحی این مکان‌ها دارد. در جدول (۳-۱) عوامل موثر در تعیین مشخصات محل انباشت باطله‌های فرآوری ارایه شده است. ملاحظات مربوط به انتخاب مکان‌های ذخیره مواد باطله به طور کلی شامل موارد زیر هستند:

۳-٤-۱- ملاحظات فیزیکی نظیر حجم و سطح مورد نیاز برای احداث تجهیزات

۳-٤-۲- ملاحظات اقتصادی نظیر هزینه تهیه مواد ساختمانی، کنترل‌کننده‌های جریان آب و روش‌های دفع مواد باطله

۳-٤-۳- ملاحظات زیست‌محیطی نظیر سیل و آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی

جدول ۳-۱- عوامل موثر در تعیین مشخصات محل انباشت باطله‌های فرآوری

عامل	توضیحات
آب و هوا و هیدرولوژی	میزان کل و چرخه زمانی جریانات حاصل از بارندگی در یک منطقه اثرات مهمی بر سیستم دفع باطله‌ها دارد که می‌توان به مسایل زیست‌محیطی نظیر میزان تاثیر احتمالی دفع باطله‌ها بر کیفیت آب زیرزمینی و همچنین مسایل ژئوتکنیکی و نیاز به مجاری و جریانات انحرافی و وسعت و ابعاد آن‌ها اشاره کرد..
زمین‌شناسی منطقه، آب‌های زیرزمینی و ژئوتکنیک	ملاحظات زمین‌شناسی بر سیستم پی‌ریزی سد باطله و نرخ نشت مواد طبیعی موثر است. بالا بودن سطح سفره آب زیرزمینی، استفاده از مصالح طبیعی در ساخت سدهای باطله را با محدودیت روبه‌رو می‌کند. همچنین، بالا بودن سطح سفره آب زیرزمینی سبب ورود آب به داخل مواد باطله و افزایش مقدار آب در محل انباشت می‌شود. مطالعه ژئوتکنیکی خاک‌ها با هدف تعیین محتوای آب، توزیع دانه‌بندی ذرات، محدوده‌های آتربرگ (رطوبت خاک)، درجه تحکیم، نرخ برش، نفوذپذیری و ظرفیت تبادل یونی (در مورد لایه‌های رسی و عایق) انجام می‌شود.
موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی	نتایج ارزیابی جغرافیایی منطقه باید به تهیه نقشه موقعیت خطر منجر شود که در آن مکان‌های پر خطر و متاثر از زمین لغزش، جریان آوار و بهمن مشخص شده باشند. نتایج این بررسی‌ها نیز می‌تواند در تحلیل‌های ریسک و کمی سازی مسایل ایمنی حین ساخت و عملیات به کار رود.
محل کارخانه فرآوری	به طور ایده‌آل مکان‌های دفع مواد باطله در پایین دست محل کارخانه فرآوری در نظر گرفته می‌شوند تا از جریان مواد بر اثر نیروی ثقل به محل ذخیره باطله و کاهش هزینه‌های پمپاژ دوغاب بهره گرفته شود. البته تا حد امکان از شیب‌های زیاد در سیستم انتقالی اجتناب می‌شود.
فونداسیون (پی‌ریزی) سد و محل انباشت باطله	محل پی یا بستر انباشت باطله‌ها با انجام بررسی‌های ژئوتکنیکی یا سایر روش‌ها قابل ارزیابی است. قرار گرفتن مواد سست در سطوح شیب‌دار مانند سطوح دامنه‌ای که قبلا در معرض هوازدگی، پوشیدگی با برف بوده و حجم زیادی از رسوبات بر روی آن‌ها قرار داشته‌اند و یا لایه‌ای از ذرات دانه ریز درون مواد دانه درشت قرار گرفته باشد و همچنین پی‌هایی که مقاومت برشی در لایه‌های آن پایین باشد، می‌تواند منجر به لغزش دورانی شود.
طبقه‌بندی درجه خطر و مطالعات لرزه‌شناسی	در انتخاب محل انباشت باطله در مرحله طراحی، قابلیت وقوع فعالیت لرزه‌ای بررسی می‌شود. روش کار معمولا با شناسایی اثرات زمین لرزه در یک مکان مشخص با فرض وقوع زمین لرزه در نزدیک‌ترین گسل فعال در منطقه بر مبنای نتایج مرحله مطالعات زمین‌شناسی است. سپس شدت یا بزرگی نیروهای زلزله احتمالی که ممکن است موقعیت سد باطله را تحت تاثیر قرار دهند طبق جداولی برآورد می‌شود.
ملاحظات زیست‌محیطی و اجتماعی در انتخاب محل	موقعیت اجزای اصلی سیستم دفع باطله نقش و تاثیر زیادی بر هوا، آب، زمین و منابع دارد و در هر پروژه خاص ملاحظات زیست‌محیطی طبق شرایط و قوانین موجود آن پروژه و صرفه و صلاح اقتصادی در نظر گرفته می‌شود.
ملاحظات جنبی در انتخاب محل	ویژگی‌های مواد باطله بر انتخاب و نوع مکان ذخیره باطله تاثیر می‌گذارد. انتخاب اولیه مکان دفع باطله به ظرفیت ذخیره‌ای مورد نیاز، دسترسی به محل، نحوه ساخت، هزینه‌های عملیاتی، شرایط زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی، هیدرولوژی منطقه بستگی دارد.

۳-۵- طراحی و احداث سدهای باطله و محل‌های انباشت مواد زاید

۳-۵-۱- طراحی سدها و مکان‌های انباشت باطله

از مهم‌ترین ملاحظات در طراحی مکان‌های انباشت و سدهای باطله می‌توان به پایداری، هزینه و کارآیی زیست‌محیطی اشاره کرد. مهم‌ترین اصول در طراحی سدها و مکان‌های انباشت باطله آن است که این سطح نباید فراتر از محل انباشت مواد گسترش یابد و تا حد امکان محل انباشت باطله، پایین نگه داشته می‌شود.

مشخصاتی از باطله‌ها که بر طراحی، پایداری و زهکشی محل انباشت مواد موثر است، شامل چگالی نسبی و برجا، نفوذپذیری، پلاستیسیته، تراکم‌پذیری، تحکیم، مقاومت برشی و پارامترهای تنش است. آنالیز شیمیایی کانسنگ و باطله به لحاظ پیش‌بینی مشکلات احتمالی در رابطه با تاثیر بر کیفیت آب‌ها، در طراحی مکان‌های انباشت باطله نقش دارد. صرف‌نظر از مشخصات باطله، روش دفع مواد نیز نقش مهمی در تعیین مشخصات مهندسی محل انباشت دارد.

۳-۵-۲- ضوابط طراحی سدها و مکان‌های انباشت باطله

الف) تعیین و تهیه فهرست پارامترهای عمومی منطقه‌ای موثر در طراحی شامل:

- موقعیت و محل کارخانه فرآوری؛
- توپوگرافی؛
- هیدرولوژی؛
- زمین‌شناسی و آب‌های زیرزمینی، شامل شناسایی تشکیلات زیرین و بالایی محل انباشت، جزییات لایه‌بندی انواع سنگ و خاک، عمق، ضخامت، ترکیب، پیوستگی و سوابق تشکیل و فرسایش آن‌ها و تعیین مشخصات هیدروژئولوژیکی از طریق اندازه‌گیری‌های پیزومتریک؛
- فونداسیون، نظیر تعیین مشخصات مهندسی مواد پی سازی با انجام حفریات و آزمون‌های برجا و آزمایشگاهی و تعیین وضعیت زهکشی در پی؛
- لرزه‌شناسی؛
- بررسی امکان دسترسی به مواد طبیعی ساختمانی در محل، با در نظر گرفتن مشخصات ژئوتکنیکی مواد ساختمانی و اثرات آن بر طراحی و جلوگیری از نشت مواد باطله؛
- بررسی نزدیکی به رودخانه‌ها، جریان‌های اصلی آب و خطر وقوع سیل؛
- بررسی موضوع نزدیکی به زیرساخت‌های معدنی و مراکز جمعیت.

ب) تعیین و تهیه فهرست پارامترهای خاص عملیاتی موثر در طراحی شامل:

- نوع فرآیند فرآوری؛
- میزان تناژ ورودی خشک (تن در سال)؛

– نوع کانسنگ؛

– نرخ تولید باطله خشک (تن در سال) (تهیه جداول یا نمودارهایی از ظرفیت ذخیره با در نظر گرفتن سطح یا ارتفاع آب)؛

– بررسی میزان تبخیر آب؛

– مشخصات مواد باطله نظیر: محتوای فلزات پایه، طلای باقیمانده، محتوای سولفید برحسب درصد سولفات عنصری، مواد شیمیایی باقیمانده از فرآیند فرآوری، درجه اشباع از نمک، چگالی مواد باطله، دانه‌بندی، خواص هیدرولیکی و غیره.

پ) بررسی جزییات مربوط به انتخاب و تعیین ساختار محل انباشت باطله شامل:

– تهیه پلان و مقطع؛

– تعیین سطح دربرگیرنده؛

– تعیین ارتفاع یا عمق سد باطله؛

– تعیین ظرفیت و زاویه دیواره‌ها؛

– انتخاب سیستم آبگیری و زهکشی؛

– انتخاب نوع آسترها؛

– مقاومت یا نفوذپذیری پی یا فونداسیون در برابر آب؛

– سیستم زهکش (ورودی و خروجی) آب به محل انباشت باطله؛

– بررسی نتایج تحلیل‌های هیدرولیکی و هیدروژئولوژیکی شامل: طراحی و پیش‌بینی در برابر آب‌گرفتگی یا سیل و جنبه‌های ایمنی مرتبط با معیارهای انحراف جریان آب؛

–در نظر گرفتن سطح آزاد کافی در سد باطله با هدف مواجهه با حداکثر شرایط آسیب رسانی.

ت– انتخاب روش احداث مکان انباشت باطله

ث– تحلیل پایداری محل انباشت

ج– انتخاب روش دفع باطله و تجهیزات ضروری دفع و بازیافت و مدیریت انتقال مواد به محل انباشت

چ– آنالیز یا تحلیل خطر شامل:

– درنظر گرفتن وسعت آلودگی احتمالی بر اثر خروج مواد؛

– سرعت حرکت سیالات؛

– اثرات مخرب زیست‌محیطی.

ح– تنظیم برنامه آمادگی و عکس‌العمل اضطراری شامل:

– ارزیابی خطرات متوجه جوامع انسانی، اموال و محیط زیست؛

– اقدامات ضروری در برابر وقوع حادثه؛

– اطلاعات درباره سیستم‌های هشدار دهنده با توصیف روند مقابله اضطراری.

خ) تهیه برنامه توقف عملیات و بازسازی با درنظر گرفتن مسایل ایمنی و پایداری

اقداماتی که باید در طراحی سدها و مکان‌های انباشت باطله مد نظر قرار گیرند به طور خلاصه در جدول (۳-۲) ذکر شده‌اند.

جدول ۳-۲- برگه اطلاعات مکان‌های ذخیره باطله *(TSF)* که باید توسط اپراتورها و مالکین تکمیل شود.

۱- اطلاعات پروژه	
۱-۱- نام پروژه:	۱-۲- تاریخ:
۱-۳- نام سد باطله:	۱-۴- نام ماده معدنی (محصول):
۱-۵- نام تهیه کننده اطلاعات:	تلفن:
۱-۶- مختصات مرکز سد باطله: *m North*	*m East*
۲- اطلاعات سد باطله	
۲-۱- وضعیت: طراحی ☐ فعال ☐ متوقف ☐ بازسازی شده ☐	
۲-۲- نوع سد باطله[1]:	۲-۲-۱- تعداد سلول‌ها[2]:
۲-۳- درجه بندی خطر	۲-۴- گروه سد باطله:
۲-۵- ناحیه آبگیر (*Catchment area*): هکتار	۲-۶- نزدیک‌ترین شبکه جریان آب:
۲-۷- تاریخ شروع دفع باطله (ماه- سال):	۲-۷-۱- تاریخ تکمیل و پایان دفع باطله (ماه-سال):
۲-۸- روش دفع باطله:	۲-۸-۱- روش بازیابی آب:
۲-۹- عایق بندی یا آسترگذاری کف محل انباشت بلی/ خیر	۲-۹-۱- نوع عایق یا آستر:
۲-۱۰- عمق یا فاصله سطح اصلی سفره آب زیرزمینی: متر	۲-۱۰-۱- مقدار طبیعی *TDS* آب زیرزمینی: *mg/l*
۲-۱۱- روش فرآوری ماده معدنی:	۲-۱۲- نرخ تخلیه مواد:
۲-۱۳- حجم محل انباشت بر حسب مترمکعب (فعلی):	۲-۱۳-۱- حداکثر قابل انتظار: (m^3)
۲-۱۴- وزن جامد انباشته شده بر حسب تن (فعلی):	۲-۱۴-۱- حداکثر قابل انتظار:
۳- مشخصات سد باطله	
۳-۱- نوع خاک پی:	۳-۱-۱- سنگ پی:
۳-۲- مواد اولیه ساختمانی:	۳-۲-۱- روش نگهداری دیواره: بالارو ☐ پایین رو ☐ مرکزی ☐
۳-۳- روش ساخت دیواره‌ها:	۳-۳-۱- مواد سازنده دیواره‌ها: مکانیکی ☐ هیدرولیکی ☐
۳-۴- حداکثر ارتفاع کنونی دیواره‌ها: متر	۳-۴-۱- حداکثر قابل انتظار: متر
۳-۵- طول تاج (فعلی): متر	۳-۵-۱- حداکثر قابل انتظار: متر
۳-۶- سطح محل انباشت (فعلی): هکتار	۳-۶-۱- حداکثر قابل انتظار: هکتار

1. Tailing Storage Facilities

ادامه جدول ۳-۲- برگه اطلاعات مکان‌های ذخیره باطله *(TSF)* که باید توسط اپراتورها و مالکین تکمیل شود.

٤- امکانات زیر سطحی دفع باطله و معادن روباز			
۴-۱- عمق اولیه معدن روباز (حداکثر):	متر	۴-۲- سطح قاعده معدن روباز:	هکتار
۴-۳- ضخامت مواد باطله (فعلی):	متر	۴-۳-۱- حداکثر قابل انتظار:	متر
۴-۴- مساحت فعلی سطح باطله:	هکتار	۴-۴-۱- مساحت نهایی سطح باطله:	هکتار
۵- خواص باطله			
۵-۱- مقدارنشت باطله: *mg/l*	۵-۲- *pH*:	۵-۳- درصد جامد: ٪	۵-۴- چگالی باطله دفع شده: t/m^3
۵-۵- مواد بالقوه آسیب رسان در باطله: (آرسنیک، آزبست، سولفیدها، سرب و نظایر آن‌ها)		۵-۶- مقدار *CN*: *g/l*	۵-۷- مقدار *CN* کل: *mg/l*

۳-۵-۳- ساخت و احداث سدهای باطله

نکات مهمی که در ساخت و احداث سدهای باطله باید مدنظر قرار گیرند به شرح زیراند:

– روش‌های احداث متعددی با مواد مختلف در ساختار سدهای باطله به کار می‌روند. به طورکلی باید روش‌ها و موادی انتخاب شوند که علاوه بر ایجاد استحکام و مقاومت لازم در سد کمترین هزینه را صرف کنند؛

– اگر محل سد باطله نزدیک معدن باشد، استفاده از سنگ‌های باطله به مقدار قابل توجهی می‌تواند هزینه مواد را کاهش دهد، ضمن این که مساله انباشت سنگ‌های باطله را نیز برطرف می‌نماید؛

– مواد مورد استفاده باید غیر قابل نفوذ بوده و مقاومت برشی آن‌ها در حد مطلوب باشند. همچنین باید دارای استحکام شیمیایی باشند. موادی که قابلیت تولید زهاب‌های اسیدی داشته باشند مناسب نیستند؛

– رایج‌ترین مواد برای احداث سدهای باطله شامل سنگ‌های باطله معدنکاری، خاک‌های قراضه طبیعی و مواد حاصل از حفریات زیرزمینی هستند.

سه روش اصلی طراحی سدهای باطله عبارتند از: پایین رو، بالارو و برجا. روش احداث سدهای بالارو از رایج‌ترین روش‌های احداث سدهای باطله با حداقل هزینه اولیه است. یکی از دلایل پایین بودن هزینه اولیه این روش، حداقل مقدار مواد پرکننده لازم برای احداث ساختار اولیه و بعد از آن افزایش دیواره با استفاده از بخش دانه درشت باطله‌های موجود است.

۳-٦- ملاحظات فنی پیرامون انتخاب محل و طراحی مکان‌های ذخیره و انباشت باطله

ملاحظات مورد استفاده در جمع‌آوری و انطباق اطلاعات پایه‌ای محیط زیست برای انتخاب محل، طراحی و عملیات مربوط به مکان‌های ذخیره باطله، به شرح زیراند:

الف- ملاحظات مربوط به زمین و آب، شناسایی مصارف امروزی و قدیمی از زمین مناطق سکونت انسانی، منابع آب شرب، ملاحظات باستان شناسی، معدنکاری، کشاورزی و درخت‌کاری؛

ب- شرایط فیزیکی منطقه نظیر آب، دما، سرعت و جهت باد، رسوبگذاری ،تبخیر، دوره‌های وقوع سیل، نفوذ یا جاری شدن آب هیدرولوژی، مشخص کردن نواحی تقسیم جریان آب و الگوهای جریان، هیدروژئولوژی و خواص آب‌های زیرزمینی، زمین ساخت منطقه، چینه‌شناسی، زمین‌ریخت‌شناسی، توپوگرافی منطقه، امکان حوادث طبیعی مانند زمین‌لغزش، بهمن و زلزله؛

پ- شرایط زیست‌شناسی نظیر چراگاه‌های طبیعی، گونه‌های گیاهی، مطالعات زیست‌آبی شامل شناسایی شرایط مناسب زندگی انواع بی‌مهره‌گان بزرگ، ماهی‌ها و گیاهان آبی؛

ت- اطلاعات پایه‌ای اجتماعی- اقتصادی: نظیر اطلاعات اجتماعی- اقتصادی درباره منطقه پروژه دفع مواد باطله با در نظر گرفتن پیش‌زمینه‌های تاریخی و جمعیت؛

ث- بررسی خواص کانسنگ و باطله: شامل کانی‌شناسی، وزن مخصوص، خواص شیمیایی، خواص فیزیکی و مهندسی (مانند مقاومت، درجه‌بندی یا لایه‌بندی تدریجی، قابلیت پوسته شدن)، قابلیت تولید اسید، ماده معدنی کم عیار و سنگ معدن؛

ج- بررسی فرآیند فرآوری: شامل مواد شیمیایی مصرفی، شرایط بازیابی آب، فرآیندهای تصفیه در کانه‌آرایی و فرآوری (به‌طور مثال تخریب سیانور)، جریان‌های ورودی به مخزن انباشت باطله، لوله‌ها و اتصالات؛

چ- بررسی‌های ژئوتکنیکی و زمین‌شناسی مهندسی سنگ بستر و خاک: شامل تراکم‌پذیری، مقاومت برش، زاویه اصطکاک، لایه‌بندی، دانه‌بندی، گسل‌ها، ترک‌ها و درزه‌ها، نفوذپذیری؛

ح- طراحی ساختار سد باطله و تجهیزات مربوطه: ارزیابی فونداسیون، مهندسی ژئوتکنیک و زمین‌شناسی محل احداث سد باطله، گسل‌ها، خواص سنگ بستر و خاک، توپوگرافی منطقه، تحلیل پایداری پی، سد و تجهیزات مرتبط تحت شرایط استاتیک و دینامیک، سیستم‌های کنترلی سد نظیر پیزومترها، شیب‌سنج‌ها؛

خ- تهیه برنامه ارزیابی، توسعه یک برنامه راهبردی برای بررسی خطرات بسیار ممکن و ارزیابی احتمال وقوع آن‌ها ضروری است. عواقب ممکن بر سلامت و ایمنی انسان‌ها، محیط زیست و مشاغل باید در نظر گرفته شوند؛

روش‌های مرسوم در ارزیابی خطر شامل موارد زیر است:

- لیست‌های کنترلی سیستم/ فرآیند؛
- تحلیل اولیه آسیب‌ها؛
- طبقه‌بندی نسبی؛
- مطالعه خطرات و قابلیت عمل؛
- تحلیل اثرات (و درجه بحرانی بودن آن)؛
- آنالیز درختی خطاها؛
- آنالیز علت-عواقب؛
- آنالیز خطاهای انسانی؛
- بازبینی‌های ایمنی.

د- تخمین عواقب ناشی از ایجاد نقص: شامل ملاحظات مربوط به تاثیرات سلامت و ایمنی کارگران و سایر افراد و اثرات زیست‌محیطی؛

ذ- ارزیابی و پایش: شامل مطالعات پایداری سد باطله، نمونه‌گیری و مطالعه کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی، ارزیابی زیست‌محیطی، ارزیابی و پایش مکانیسم انتقال باطله بازرسی‌های دوره‌ای، پایش ابزاربندی.

خواننده گرامی

امور نظام فنی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریـیس جمهـور، بـا گذشـت بـیش از سـی سـال فعالیـت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر پانصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیـین‌نامـه، ضـابطه، معیـار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضـر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کـشور و بهبـود فعالیـت‌هـای عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در پایگاه اطلاع‌رسانی **nezamfanni.ir** قابل دسـتیابی می‌باشد.

امور نظام فنی

Islamic Republic of Iran
Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision

Guidelines for Tailings Storage in Mineral Processing and Ore Dressing Plants

No. 559

Office of Deputy for Strategic Supervision

Department of Technical Affairs

nezamfanni.ir

Ministry of Industry, Mine and trade

Deputy office of Mining Affairs and Mineral Industries
Office for Mining Exploitation and Supervision

http://www.mim.gov.ir

2013

این نشریه

اطلاعات لازم در رابطه با دسته‌بندی انواع باطله‌های معدنی، معیارهای لازم برای انتخاب محل مناسب سدهای باطله و نحوه انتقال مواد زاید به محل‌های انباشت را ارایه می‌دهد.